Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 5, Dec- Jan 2022, p. 615-630

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۱ ص.۶۳۰-۶۱۵

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir

Full Research Paper

Formulation optimization of baguette containing *Ganoderma leucidum*

Saeid Azizkhani[1], Leila Nateghi[2*]

Received: 2021.11.02
Revised: 2022.01.26
Accepted: 2022.02.12
Available Online: 2022.02.12

How to cite this article:
Azizkhani, S., Nateghi, L. (2022). Formulation optimization of baguette containing *Ganoderma leucidum*. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 18 (5), 615-630.

Abstract

Introduction: Nowadays, production and consumption of functional and dietary foods have increased. Today, the medicinal, antibacterial and antioxidant properties of fungi have been proven. *Ganoderma lucidum* is one of the fungi that has been known as the best medicinal fungus due to its various health benefits. *Ganoderma lucidum* is an annual medicinal fungus which belongs to the *Ganodermataceae* family. *G. lucidum* also known as Reishi in Japan, Ling-zhi in China, Ling chih, and Ling chi mushroom in other countries. It is popular among consumers in Japan and is widely used by Asian physicians and herbalists. This medicinal mushroom has been used in Asia for thousands of years to increase energy, stimulate the immune system, and promote health and longevity. In the US, *G. lucidum* is included in the American Herbal Pharmacopoeia and usually recommended for its immune-supporting effects. In Poland and other countries outside Asia, G. lucidum is used as a daily food supplement that adapts itself to correct imbalances in the body. Influenced by an increasing number of studies on G. lucidum, modern application of G. lucidum include but not limited to treatment of coronary heart disease, arteriosclerosis, hepatitis, arthritis, nephritis, bronchitis, hypertension, cancer and gastric ulcers. The major chemical constituents of *G. lucidum* are polysaccharides, triterpenes, sterols, lectins and some proteins having beneficial properties for the prevention and treatment of a variety of ailments. Both triterpenes and polysaccharides contain anticancer properties thus making them important nominees for the researches. Spores, fruiting body and mycelium have been investigated for biological active compounds. *Ganoderma lucidum* is a kind of mushroom known to have various therapeutic properties such as lowering high blood sugar and high blood pressure, boosting the immune system as well as its antibacterial and antioxidant effects.

In recent years, a number of researches were performed for the identification of biological compounds and medicinal properties of *Ganoderma lucidum*.

Materials and Methods: In this study, baguette bread with 0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5 % *Ganoderma lucidum* powder was used in baguette bread formulation. The aim of this study was to investigate the possibility of enriching baguette bread using *Ganoderma lucidum* and to investigate the physicochemical, rheological, texture analysing, microbial, stale and sensory evaluation properties. Therefore, 5 treatments were designed with a control treatment and tests were performed on the treatments in three replications. In order to analyze the data, one-way ANOVA analysis of variance and Duncan at 95% confidence level were used in Minitab 16 software.

Results and Discussion: Examination of the rheological properties of the dough showed that different percentages of *Ganoderma lucidum* significantly affect the rheological characteristics of the dough ($p \leq 0.05$) and addition of *Ganoderma lucidum* reduced the above indices. According to the results, addition of *Ganoderma lucidum* caused a significant increase ($p \leq 0.05$) of phenolic compounds and fiber in bread samples. The results of microbial evaluation showed that with

1. MSC Student, Department of Food Science and Technology, Varamin-pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Varamin-pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
(*Corresponding Author Email: leylanateghi@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.2022.73383.1109

increasing *Ganoderma lucidum* level in baguette bread, the number of coliforms and molds in the treatments decreased significantly ($p \leq 0.05$). The results of sensory evaluation showed that the increase of *Ganoderma lucidum* level in baguette samples caused a slight decrease in taste, color, odor and general acceptance compared to the control sample.

Fungi are rich in protein, pigment, carbohydrates, fatty acids, vitamins and minerals that can be used in food enrichment. Due to the growing human tendency to use natural substances, fungi can be a suitable source to meet this need. According to the results, up to 2.5 % of *Ganordama lucidum* can be added to baguette bread formula and higher fiber content, more phenolic compounds, more freshness, less microbial load in baguette bread were obtained without having an adverse effect on its sensory properties. Therefore, the treatment mentioned in this study was selected as the best treatment in terms of safety, health and quality properties.

Keywords: *Ganoderma lucidum*, enrichment, baguette, phenolic compounds.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 5, Dec- Jan 2022, p. 615-630

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۱ ص.۶۳۰-۶۱۵

مقاله علمی-پژوهشی

بهینه‌سازی فرمولاسیون نان باگت با *گانودرما لوسیدوم* (***Ganoderma leucidum***)

سعید عزیزخانی[1]- لیلا ناطقی[2*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۳

چکیده

امروزه خواص زیست فعال بسیاری از قارچ‌ها به اثبات رسیده است. یکی از قارچ‌هایی که به‌لحاظ دارا بودن خواص درمانی متعدد به‌عنوان بهترین قارچ دارویی نام‌گذاری شده است قارچ *گانودرما لوسیدوم* (*Ganoderma leucidum*) است. از آنجا که تولید و مصرف مواد غذایی رژیمی و فراسودمند رو به افزایش است و با توجه به وجود ترکیبات فراسودمند موجود در قارچ گانودرما، این قارچ می‌تواند گزینه‌ای مناسب جهت تولید محصولات غذایی فراسودمند به حساب آید. لذا هدف از این تحقیق بررسی امکان غنی‌سازی نان باگت با قارچ گانودرما در سطوح (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد) به جای آرد و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (درصد خاکستر، رطوبت، فیبر، اسیدیته و pH)، خواص رئولوژیکی (شاخص‌های مقاومت خمیر، طول کشیده شدن خمیر، کشش‌پذیری خمیر، ضریب ایندکس، الاستیسیته، زمان پایداری خمیر و انرژی پخت)، بافت‌سنجی (پیوستگی، فنریت، صمغیت، قابلیت جویدن، چسبندگی و سختی)، ترکیبات فنلی، بیاتی نان، خواص میکروبی (کپک و کلی‌فرم) و حسی آن بود. بررسی خواص فیزیکوشیمیایی نشان داد با افزایش میزان قارچ گانودرما سطح ۲/۵ درصد در آرد نان باگت، شاخص‌های خاکستر، رطوبت، فیبر و اسیدیته افزایش و شاخص pH کاهش یافت. بررسی خواص رئولوژیکی خمیر نشان داد درصدهای مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* بر تمامی شاخص‌های رئولوژیکی خمیر معنی‌دار بود ($p\leq 0/05$) و افزودن قارچ باعث کاهش مقادیر شاخص‌های فوق گردید. نتایج بررسی بافت‌سنجی نشان داد با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم* تا سطح ۲/۵ درصد، شاخص پیوستگی، فنریت، صمغیت، قابلیت جویدن و سختی نمونه‌ها کاهش و شاخص چسبندگی افزایش یافت. مطابق نتایج افزودن قارچ و افزایش میزان آن تا سطح ۲/۵ درصد باعث افزایش معنی‌دار ترکیبات فنلی و فیبر در نمونه‌های نان گردید ($p\leq 0/05$). نتایج ارزیابی میکروبی نشان داد با افزایش قارچ به نان باگت و افزایش میزان آن تعداد کلی فرم‌ها و کپک در تیمارها به صورت معنی‌دار کاهش یافت ($p\leq 0/05$). بررسی نتایج ارزیابی حسی نشان داد افزایش قارچ تا میزان ۲/۵ درصد به نمونه‌های نان باگت باعث اندکی کاهش در امتیاز مزه، رنگ، بو و پذیرش کلی در مقایسه با نمونه شاهد گردید. با توجه به نتایج می‌توان تا ۲ درصد به نان باگت قارچ اضافه نمود و از میزان بالاتر فیبر، ترکیبات فنلی، بیاتی و بار میکروبی کمتر آن در نان باگت بهره جست بدون اینکه اثر نامطلوب روی خواص حسی آن داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: غنی‌سازی، نان باگت، قارچ *گانودرما لوسیدوم*، *Ganoderma leucidum*.

مقدمه

فرآورده‌های حاصل از غلات نقش مهمی در فرهنگ غذایی اکثر کشورها ایفا می‌کنند و در واقع غذای اصلی عمده‌ی جمعیت جهان می‌باشد. نان به‌عنوان ارزان‌ترین منبع انرژی و پروتئین در تغذیه قسمت اعظم مردم جهان نقش حیاتی دارد (Chen et al., 2017). نان حاوی مقادیر زیادی کربوهیدرات و پروتئین است ولی از نظر موادی مانند فیبرهای رژیمی، اسیدهای چرب غیراشباع و ترکیبات فنلی فقیر می‌باشد. بنابراین، غنی‌سازی نان با سایر مواد و دانه‌ها می‌تواند نقش مثبتی در تأمین سلامتی بدن داشته باشد (Peighambardous et al., 2012). امروزه با توجه به گسترش محصولات جدید و متنوع در صنایع غذایی، اکثر افراد خواهان غذاهایی هستندکه با الگوهای متداول تغذیه‌ای هماهنگ بوده ضمن آن که برای سلامتی نیز سودمند باشند. نان‌های صنعتی، ضایعات بسیار ناچیزی در مقابل سایر نان‌ها داشته و به دلیل کیفیت بالای پخت، تنوع گسترده محصول، ماندگاری مناسب و انجام مرحله کامل تخمیر خمیر از جایگاه غذایی مناسبی برخوردار هستند. از مهم‌ترین انواع نان‌های صنعتی، می‌توان به نان تست و باگت

۱- کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: leylanateghi@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.2022.73383.1109

اشاره نمود که از نان‌های پرمصرف در جهان، به خصوص در کشورهای اروپایی و آمریکایی می‌باشند (Artiga-Artigas et al., 2017).

در سال‌های اخیر، تولیدکنندگان مواد غذایی توجه زیادی به استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی از جمله پودر، عصاره[1] و اسانس‌های گیاهی[2] به‌جای نگهدارنده‌های شیمیایی در محصولات خود نموده‌اند. از مهم‌ترین گیاهانی که خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی آن به اثبات رسیده، قارچ *گانودرما لوسیدوم* (*Ganoderma leucidum*) است (Chen et al., 2017).

قارچ *گانودرما لوسیدوم* با نام‌های لینگژی در چین و ریشی در ژاپن، به‌عنوان یک قارچ دارویی با ارزش شناخته شده می‌باشد. کلمه لاتین لوسیدوم[3] (براق یا درخشان) اشاره به ظاهر قارچ دارد (Martins et al., 2014). این قارچ جزء یکی از مهم‌ترین رستنی‌ها در طب سنتی چین محسوب می‌شود به‌طوری که همراه با رستنی‌های دیگر و یا به‌تنهایی برای مصارف دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله خواص آن، می‌توان به خواص ضدباکتریایی، ضدویروسی، ضدحساسیت، ضدتوموری، تقویت سیستم ایمنی، کاهش قند و فشارخون و همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی (به دلیل وجود ترکیبات فنلی مانند پلی‌فنل و فلانوئید) و ... اشاره نمود (Chen et al., 2017).

Saltarelli و همکاران (۲۰۰۹) مطالعه‌ای جهت بررسی خواص آنتی‌اکسیدان قارچ قارچ *گانودرما لوسیدوم* انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد کـه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در قارچ قارچ *گانودرما لوسیدوم* در پیشگیری و کنترل بسیاری از بیماری‌ها مانند بیماری قلبی و سرطان مؤثر است که وجـود پلی‌فنل‌ها در قارچ *گانودرما لوسیدوم* علـت ایـن فعالیـت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. آن‌ها اذعان داشتند که خاصیت آنتی‌اکسیدان این مواد به علت فعالیت احیاکنندگی و جذب رادیکال‌های اکسیژن می‌باشد (Saltarelli et al., 2009). بررسی‌های آن‌ها در خصوص عصاره اتـانولی این قارچ نشان داد که این عصاره، حاوی مولکول‌های کم وزن دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی می‌باشد، علاوه بر آن عصاره متانولی و عصاره آبی حـاوی پلی‌ساکاریدهای گانودرما نیـز می‌توانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی داشته باشد.

امروزه غنی‌سازی نان یکی از اهداف مهم صنایع نانوایی بوده و تحقیقات زیادی در زمینه غنی‌سازی نان در حال انجام است. به‌عنوان مثال، Yasamani Farimani و همکاران (۲۰۲۰) کیفیت و ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک‌های کوچک حاوی موسیلاژ گل ختمی را بررسی نمودند (Yasamani Farimani et al., 2020). نتایج نشان داد که افزودن موسیلاژ گل ختمی به‌طور قابل توجهی خواص فیزیکی کیک‌ها (محتوای رطوبت، حجم ویژه و چگالی و ویسکوزیته خمیر) را در مقایسه با نمونه شاهد بهبود بخشید. سختی در طول ذخیره سازی با افزودن موسیلاژ به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها برای پارامتر رنگ نشان داد که کمترین مقدار L^* و بیشترین L^* پوسته مربوط به نمونه شاهد و نمونه‌هایی بود که دارای ۰/۲۵ و ۱ درصد موسیلاژ گل ختمی بودند. Hesarinejad و همکاران (۲۰۱۷) اثر سطوح مختلف پودر جلبک *کلرلا ولگاریس* به‌عنوان جایگزین سفیده تخم‌مرغ بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک اسفنجی را بررسی کرده و نتایج نشان داد که امکان جایگزینی بخشی از سفیده تخم‌مرغ در فرمولاسیون کیک با پودر جلبک *کلرلا ولگاریس* وجود دارد. جایگزین کردن ۲۵ درصد وزنی سفیده تخم‌مرغ با پودر جلبک ذکر شده، علاوه بر ایجاد مزایای تغذیه‌ای نسبت به نمونه شاهد، از نظر ارزیابی حسی، تفاوت معنی‌داری را با نمونه شاهد ایجاد نکرد. اما تمام ویژگی‌های کیفی را با افت شدید مواجه کرد (Hesarinejad et al., 2017). Gani و همکاران (۲۰۱۴) غنی‌سازی نان با ترکیبات پلی فنلی و تأثیر ترکیبات پلی‌فنل بر خصوصیات فیزیکی نان را بررسی کردند. نتایج نشان داد افزودن پلی‌فنل‌ها باعث تغییر در میزان جذب آب، سفتی نان، حجم مخصوص شد که این تغییرات به دلیل تأثیر ترکیبات پلی فنلی بر روی ساختار گلوتن و نشاسته آرد است. بر اساس آنالیزهای دستگاه فارینوگراف مشخص شد که نان‌های غنی‌شده با پلی‌فنل نسبت به نان شاهد میزان جذب آب بیشتری دارند. مقاومت به کشش بالا می رود و قابلیت کشش‌پذیری خمیر کاهش می‌یابد. همچنین نتایج حاصل از آنالیزهای حسی نشان داد که این نان‌ها دارای عطر و طعم بهتری نسبت به نان‌های کنترل شده هستند (Gani et al., 2014). در تحقیقی دیگر، Nasrabadi و Nori Topkanloo (۲۰۲۰) تاثیر جایگزینی آرد گندم با پودر سنجد کامل بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی نان تست را بررسی و گزارش نمودند نمونه‌ی حاوی ۸ درصد پودر سنجد به دلیل خواص بافتی و حسی بهتر، فیبر بیشتر و درنتیجه دریافت کالری کمتر، نسبت نمونه شاهد پیشنهاد می‌شود (Nasrabadi and Nori Topkanloo, 2020). Nateghi (۲۰۱۷) تاثیر استفاده از هیدروکلوئید کربوکسی متیل سلولز و امولسیفایر دی استل تارتاریک اسید بر خواص فیزیکوشیمیایی، حسی و ماندگاری نان تست غنی شده با آرد لوبیا چیتی و نخود را بررسی و گزارش نمودند استفاده از ۵ درصد آرد لوبیا چیتی و ۱ درصد کربوکسی متیل سلولز نسبت به وزن کل آرد، در فرمولاسیون نان تست غنی‌شده توصیه می‌گردد (Nateghi, 2017).

همان‌طور که گفته شد، در سال‌های اخیر تولیدکنندگان مواد غذایی توجه زیادی به استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی با منشأ گیاهی و میکروبی به‌جای نگهدارنده‌های شیمیایی در محصولات خود نموده‌اند.

1 Extract
2 Essential oils
3 Lucidum

اسانس، عصاره و پودرهای گیاهی به دلیل داشتن ترکیبات فیتوشیمیایی از قبیل ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی را از خود نشان می‌دهند. این ترکیبات به‌طور گسترده در گیاهان وجود داشته و علاوه بر افزایش کیفیت ماده غذایی، از عوامل ایجاد رنگ، طعم و مزه نیز می‌باشند. طبق تحقیقات به عمل‌آمده قارچ گانودرما لوسیدوم دارای خاصیت ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی بالایی است. که در حال حاضر تحقیقات اندکی در ارتباط با بررسی ترکیبات مؤثره آن در جهان انجام شده است و در مورد استفاده از عصاره یا پودر این قارچ در فرمولاسیون نان باگت و بررسی بر ویژگی‌های آن تحقیقی انجام نگرفته است. بنابراین، با توجه به مطالب ذکر شده، هدف کلی از تحقیق حاضر بررسی امکان استفاده از پودر قارچ *گانودرما لوسیدوم* در نسبت‌های (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد) در نان باگت و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (درصد خاکستر، رطوبت، فیبر، اسیدیته و شاخص pH)، خواص رئولوژیکی (شاخص‌های مقاومت خمیر، طول کشیده شدن خمیر، کشش‌پذیری خمیر، ضریب ایندکس، الاستیسیته، زمان پایداری خمیر و انرژی پخت)، بافت‌سنجی (پیوستگی، فنریت، صمغیت، قابلیت جویدن، چسبندگی و سختی)، ترکیبات فنلی، بیاتی نان، خواص میکروبی (کپک و کلی‌فرم) و حسی محصول نهایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای تهیه‌ی نان باگت از نمک و شکر شرکت گل‌ها (ایران)، مخمر شرکت فریمان (ایران)، بهبوددهنده شرکت رازی (ایران)، آرد گندم شرکت صنایع آرد ورامین (ایران) و قارچ *گانودرما لوسیدوم* شرکت سپیدخوش (ایران) استفاده شد. هم‌چنین از اتانول، فنل فتالئین، اسید سولفوریک، سدیم هیدروکسید، هگزان، هیدروکلریک اسید، قرص رینگر، پتاسیم کلریک، محیط کشت VRBL، پتاس، سدیم استات و الکل اتیلک استفاده شد که همگی از شرکت مرک (آلمان) تهیه شدند.

روش تهیه نان باگت

برای تهیه نان باگت شاهد آرد گندم (۱۰۰ درصد)، شکر، نمک، مخمر، و بهبوددهنده به‌ترتیب ۱، ۱، ۱/۵، و ۱/۵ درصد وزنی آرد و مقدار آب لازم تعیین شده توسط دستگاه آلوئولب (شوپن، فرانسه)، در میکسر (D-1123، ژاپن) مخلوط و سپس خمیر فوق به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به‌منظور انجام عمل تخمیر قرار داده شد. بعد از انجام تخمیر، به چانه‌های ۱۰۰ گرمی تقسیم و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۵ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد برای تخمیر میانی قرار گرفت، در مرحله بعدی چانه‌ها به‌صورت لوله‌ای درآمده و ۲۰ دقیقه تخمیر نهایی شدند. در نهایت پخت به مدت ۱۵ دقیقه در فر گردان با سیستم بخار مخصوص (راک، ایران) با دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام و نان‌های حاصل پس از سرد شدن در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند. به‌منظور تهیه تیمارهای مورد آزمون غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد وزنی آرد مصرفی در فرمولاسیون تیمار شاهد با پودر قارچ *گانودرما لوسیدوم* مطابق با جدول ۱ جایگزین شد (Nasehi et al., 2015). لازم به ذکر است غلظت‌های مذکور بر اساس پیش تیمار با هدف دستیابی به خواص کیفی خمیر و نان باگت مطلوب تعیین گردید.

جدول ۱- تیمارهای مورد آزمون حاوی غلظت‌های مختلف آرد گندم، قارچ *گانودرما لوسیدوم* و شاهد

Table 1- Tested treatments containing different concentrations of wheat flour, *Ganoderma lucidum* mushroom and control

نمونه Treatment	آرد گندم (٪) Wheat flour (%)	*گانودرما لوسیدوم* (٪) *Ganoderma lucidum* (%)
T_1	100	0
T_2	99.5	0.5
T_3	99	1
T_4	98.5	1.5
T_5	98	2
T_6	97.5	2.5

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی آرد نان‌های باگت

برای ارزیابی رطوبت، خاکستر، pH و اسیدیته به‌ترتیب از استانداردهای ملی ایران به شماره‌های ۲۷۰۵، ۲۷۰۶ و ۳۷ استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری فیبر آرد نان باگت و نمونه‌های نان از روش ذکر شده در استاندارد AACC 35-05 (AOAC, 2000) استفاده شد.

خواص رئولوژیکی خمیر نمونه‌های نان باگت

ارزیابی خواص رئولوژیکی، توسط دستگاه آلوئولب (شوپن، فرانسه) انجام شد. بدین منظور مقدار ۲۵۰ گرم آرد توزین شده و بر حسب درصد رطوبت آرد، آب نمک ۲/۵ درصد اضافه گردید و در مخلوط‌کن دستگاه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد همزده شد. سپس خمیر حاصله به ۵ قطعه گرد تقسیم شده و هر یک از قطعات به‌طور جداگانه در محفظه دستگاه قرار داده شد تا درون آن هوا دمیده شود. با روشن کردن دستگاه آلوئولب

فشار هوا در داخل خمیر را به ازای زمان دمیدن اندازه‌گیری می‌کند و قدرت خمیر، کشسانی، الاستیسیته، انرژی پخت و حداکثر قوام خمیر و مدت پایداری خمیر اندازه‌گیری و به‌صورت گراف ترسیم گردید (AACC, 2010).

آزمون بافت‌سنجی نان باگت (اینستران)

تغییرات بافت مطابق با استاندارد AACC به شماره ۰۹-۷۴، تحت آزمون فشردگی یک مرحله‌ای توسط دستگاه بافت‌سنج یا اینستران (بروکفیلد، آمریکا) انجام شد. در این روش نمونه‌های نان با ابعاد تقریبی (۵۰× ۲۰× ۱۰ سانتی‌متر) با دقت از قسمت مغز نان بریده شد سپس توسط پروب استوانه‌ای به قطر ۱/۲۷ سانتی‌متر و با نمونه فشار آورنده ثابت ۵۰ نیوتن و بر حسب ۵۰ درصد فشردگی نمونه برای تعیین نقطه نهایی با سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه انجام شد. و خصوصیات بافتی نمونه‌ها از نظر پیوستگی، فنریت، صمغیت، قابلیت جویدن، چسبندگی و سختی مورد ارزیابی قرار گرفت (AACC, 1995).

اندازه‌گیری مقدار کل ترکیبات فنلی

محتوای ترکیبات فنلی از طریق روش فولین سیوکالتیو انجام شد. غلظت ۱ میلی‌گرم/میلی‌لیتر از نمونه تهیه و با ۲/۵ میلی‌لیتر واکنشگر ۰/۲ نرمال فولین سیو کالتیو مخلوط شد و به مدت ۵ دقیقه هم‌زده شد. سپس ۲ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم با غلظت ۷۵ گرم در لیتر اضافه گردید. جذب نمونه‌ها پس از ۲ ساعت در دمای اتاق توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV 2100، آلمان) ماوراءبنفش در ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. به‌منظور ترسیم منحنی استاندارد اسید گالیک غلظت‌های مختلف اسید گالیک ۱۰۰۰، ۸۰۰، ۶۰۰، ۴۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰ میلی‌گرم/گرم آماده گردید و پس از انجام مراحل آزمون مقدار جذب نمونه‌ها خوانده شد و منحنی کالیبراسیون و معادله خط ($Y=0.0044X+0.03536$) آن بدست آمد. مقدار جذب نمونه‌های مورد آزمون در معادله خط مربوط به منحنی استاندارد قرار داده شد و میزان فنل کل به‌صورت میلی‌گرم معادل اسید گالیک در گرم نمونه گزارش گردید (Vaher et al., 2010).

ارزیابی بیاتی نمونه‌های نان باگت به روش حسی

میزان بیاتی (کاهش تازگی)، و ویژگی‌های رنگ، بافت، مزه، بو و پذیرش کلی نمونه‌های نان باگت با استفاده از آزمون ارزیابی حسی بررسی گردید. در این روش ابتدا نمونه‌های نان برش داده شد و کدگذاری گردیدند سپس توسط ۱۰ نفر ارزیاب نیمه آموزش دیده با روش هدونیک پنج نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. بدین ترتیب داوران نمونه‌ها را در زمان‌های ۲۴، ۴۷ و ۷۲ ساعت پس از پخت، ارزیابی کردند و امتیازها را با رتبه‌بندی به‌صورت ۵، ۴، ۳، ۲، ۱ به‌ترتیب برای بسیار خوب، خوب، متوسط، بد، بسیار بد در نظر گرفته شد. ارزیاب ها بین ارزیابی هر نمونه از آب برای شستشوی دهان استفاده نمودند (Nasehi et al., 2009).

آزمون میکروبی

شمارش کلی‌فرم‌ها

ارزیابی شمارش کلی‌فرم‌ها در نمونه‌های نان مشابه روش به‌کار رفته برای آنالیز کپک و مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۹۲۶۳، انجام گردید. بدین ترتیب ۱۰ گرم نمونه همراه با ۹۰ میلی‌لیتر پپتونواتر در داخل کیسه استومیکر قرار داده شد و مخلوط حاصل با دستگاه میکسر (D-1123، ژاپن) به مدت ۱ دقیقه مخلوط گردید. سوسپانسیون فیلتر شده حاصل سپس در رقت‌های مختلف ساخته و از ۳ رقت مختلف، ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه بر روی سطح محیط کشت انتخابی جامد VRBL منتقل شد. پلیت‌های کشت داده شده در انکوباتور (Shimaz، ایران) به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری و در نهایت کلنی‌ها شمارش و با واحد به‌صورت Log cfu/g گزارش شدند (ISIR, 2009).

شمارش کلی کپک‌ها

ارزیابی شمارش کپک و مخمرها در نمونه‌های نان مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲۷۲، انجام گردید. بدین ترتیب ابتدا ۱۰ گرم از نمونه مورد آزمایش در شرایط سترون توزین و سپس به هاون چینی منتقل گردید. آنگاه ۹۰ سی‌سی محلول تریپتون واتر براث ۱ درصد به آن افزوده و کاملاً همگن تا محلول یکنواختی تهیه شود. با استفاده از پی پت سترون ۱ سی‌سی، ۰/۱ سی‌سی از سوسپانسیون اولیه را به یک پلیت حاوی محیط کشت DG_{18}[1] انتقال داده شد. پلیت‌های کشت داده شده را به‌صورت هوازی، با در پوش بالا و ایستاده در انکوباتور (Shimaz، ایران) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ روز گرمخانه‌گذاری و در صورت لزوم، پلیت‌ها برای مدت زمان ۱ الی ۲ روز در معرض نور غیرمستقیم روز قرار داده شدند. پلیت‌ها بین مدت زمان ۲ تا ۵ روز پس از گرمخانه‌گذاری بررسی و شمارش شدند (ISIR, 2007).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور آزمایش و تجزیه و تحلیل داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون

1 Dichloran-glycerol

چنددامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب ۱۶ در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

خواص فیزیکوشیمیایی آرد نمونه‌های نان باگت

تغییرات خواص فیزیکوشیمیایی آرد نمونه‌های نان حاوی درصدهای مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* در جدول ۲ نشان داده شده است. مطابق با نتایج با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم* در آرد نان باگت، شاخص‌های خاکستر، فیبر و اسیدیته افزایش و شاخص pH به صورت معنی‌داری (p≤۰/۰۵) کاهش یافت. نتایج نشان داد با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم* در آرد نان باگت، میزان رطوبت اندکی افزایش یافت که این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵).

تحقیقات نشان داده است قارچ *گانودرما لوسیدوم* به دلیل داشتن ترکیبات معدنی از جمله کلسیم، آهن، پتاسیم، منیزیم، سلنیوم، مس و روی به‌طور تقریبی حاوی ۸- ۱۰ درصد خاکستر است (Wachtel-Galor et al., 2011). بنابراین افزایش مقدار این قارچ در تیمارهای تحقیق می‌تواند باعث افزایش خاکستر نمونه‌ها شود. در پژوهشی دیگر Mau و همکارانش (۲۰۰۱) گزارش کردند قارچ *گانودرما لوسیدم* حاوی ۸ درصد خاکستر، ۲۶- ۲۸ درصد کربوهیدرات، ۵ -۳ درصد چربی و ۸- ۷ درصد پروتئین می‌باشد (Mau et al., 2001).

افزیش فیبر نمونه‌های نان باگت در اثر افزایش قارچ *گانودرما لوسیدوم* را می‌توان به علت دانست که قارچ‌ها حاوی ۳- ۳۲ درصد فیبر هستند (Wachtel-Galoret al., 2011). بنابراین با افزایش قارچ *گانودرما لوسیدوم* در تیمارهای تحقیق می‌تواند باعث افزایش فیبر در نمونه‌ها گردد. Mau و همکاران نیز در سال (۲۰۰۱) طی تحقیقی نشان دادند قارچ *گانودرما لوسیدوم* حاوی ۵۹ درصد فیبر می‌باشد (Mau et al., 2001). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، مقدار فیبر در نمونه‌های حاوی مقادیر بیشتر قارچ *گانودرما لوسیدوم* بیشتر بود همچنین نتایج نشان داد افزودن قارچ *گانودرما لوسیدوم* منجر به افزایش رطوبت در نمونه‌های مرتبط شد. جذب آب بیشتر در نمونه‌ها می‌تواند باعث تحریک یون‌های هیدروژن شده که منجر به کاهش pH نمونه‌های نان شود. در تحقیقات مشابه Ebadi Molabashi و Nateghi (۲۰۱۸) تاثیر صمغ دانه شاهی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی شیرینی برنجی را بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد افزودن صمغ دانه شاهی باعث کاهش pH، افزایش فعالیت آبی و اسیدیته نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد طی دوره نگهداری شد (Ebadi Molabashi and Nateghi, 2018).

درصدهای مختلف قارچ گانودرما لوسیدوم جایگزین آرد مصرفی در نمونه‌های نان باگت شد و چون قارچ تهیه شده به صورت پودر بوده نمی‌تواند تأثیر معنی‌داری در مقدار رطوبت نمونه‌ها داشته باشد و افزایش جزئی رطوبت در نمونه‌ها می‌تواند مربوط به محتوی بالای رطوبت قارچ گانودرما نسبت به آرد باشد.

جدول ۲- بررسی خواص فیزیکوشیمیایی آرد نان باگت حاوی غلظت‌های مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* و شاهد

Table 2- Investigating the physicochemical properties of baguette flour containing different concentrations of *Ganoderma lucidum* mushroom and control

نمونه Treatment	pH	اسیدیته (٪ اسید لاکتیک) Acidity (% lactic acid)	فیبر (٪) Fiber (%)	رطوبت (٪) Moisture (%)	خاکستر (٪) Ash (%)
T_1	6.590± 0.010^{a}	2.240± 0.010^{f}	1.687± 0.003^{f}	13.296± 0.020^{a}	0.498± 0.064^{b}
T_2	6.490± 0.010^{b}	2.070± 0.010^{e}	1.779± 0.003^{e}	13.297± 0.050^{a}	0.480± 0.003^{b}
T_3	6.363± 0.032^{c}	2.290± 0.010^{d}	1.871± 0.003^{d}	13.323± 0.045^{a}	0.510± 0.003^{b}
T_4	6.220± 0.010^{d}	2.390± 0.010^{c}	1.963± 0.003^{c}	13.327± 0.050^{a}	0.530± 0.003^{ab}
T_5	6.120± 0.010^{e}	2.490± 0.010^{b}	2.055± 0.003^{b}	13.376± 0.025^{a}	0.540± 0.003^{ab}
T_6	5.990± 0.026^{f}	2.600± 0.010^{a}	2.147± 0.003^{a}	13.406± 0.090^{a}	0.590± 0.003^{a}

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است.$^{a-f}$حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون می‌باشد.

The results are shown as mean ± standard deviation.$^{a-f}$ Lowercase letters indicate significant difference in column.

خواص رئولوژیکی خمیر نان باگت

تغییرات خواص رئولوژیکی خمیر نمونه‌های نان حاوی درصدهای مختلف قارچ گانودرما لوسیدوم در جدول ۳ نشان داده شده است. مطابق با نتایج با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، میزان مقاومت خمیر در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری (p≤۰/۰۵) کاهش یافت که به علت وجود آنزیم آلفاآمیلاز در نمونه‌های قارچ *گانودرما لوسیدوم* بوده که باعث کاهش مقاومت خمیر تحت تأثیر آنزیم آلفاآمیلاز و تشکیل مالتوز توسط هیدرولیز نشاسته شده است (Jascanu and Stefoane, 2012). همچنین طول کشیده شدن خمیر با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. در واقع این طور می‌توان بیان نمود که کاهش طول کشیده شدن خمیر با افزودن قارچ *گانودرما لوسیدوم* به دلیل کاهش پروتئین‌های

گلوتنی، بوده است. همچنین می‌توان اینطور بیان نمود که قارچ *گانودرما لوسیدوم* به تنهایی ویژگی تشکیل خمیر را نداشته و از طرفی منجر به مختل شدن کمپلکس پروتئین نشاسته و تضعیف خمیر نان حاصله می‌گردند (Funami, 2009). با افزایش مقدار قارچ گانودرما لوسیدوم، و به علت وجود آنزیم آلفا آمیلاز در نمونه‌های قارچ *گانودرما لوسیدوم* سبب تشکیل مالتوز توسط هیدرولیز نشاسته شده که باعث افزایش مقدار آب آزاد در خمیر و در نتیجه کاهش معنی‌دار (p≤۰/۰۵) ثبات خمیر، کشش‌پذیری خمیر نسبت به تیمار شاهد شد (Jascanu and Stefoane, 2012; Whitehurst and Oort, 2010).

نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد میزان ضریب ایندکس با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، به‌طور معنی‌داری (p≤۰/۰۵) کاهش یافت. و میزان ضریب ایندکس تیمار شاهد بالاتر از سایر نمونه‌ها بود. Rasti و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تاثیر بتاگلوکان جو بر برخی خواص رئولوژیکی آرد گندم بیان نمودند با افزایش میزان بتاگلوکان مقاومت خمیر نسبت به کشش افزایش می‌یابد که ناشی از قوی بودن شبکه گلوتنی خمیر و افزایش استحکام آن است (Rasti et al., 2011).

مطابق با نتایج با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، الاستیسته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (p≤۰/۰۵). اینگونه می‌توان بیان نمود که جایگزینی آرد گندم با محصولات فاقد گلوتن و عدم تشکیل شبکه گلوتنی می‌تواند باعث ایجاد خمیر با الاستیسته گسترش‌پذیری کمتری شود (Sadeghi et al., 2015). در این راستا Moradi و Nasehi (۲۰۱۷) در تأثیر فیبر باگاس نیشکر بر ویژگی‌های خمیر و نان بربری گزارش کردند که کشش‌پذیری خمیر با افزودن سطوح مختلف فیبر باگاس نیشکر و صمغ زانتان در زمان‌های تخمیر کاهش پیدا می‌کند (Moradi and Nasehi, 2017). مطابق با نتایج بیشترین زمان پایداری خمیر و انرژی پخت متعلق به تیمار شاهد و با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، میزان زمان پایداری خمیر و انرژی پخت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (p≤۰/۰۵). Guarda و همکاران (۲۰۰۴) بیان نمودند که افزایش صمغ‌های کاراجینان و زانتان باعث کاهش ثبات و پایداری خمیر می‌گردد (Guarda et al., 2004). Barzegar و همکاران (۲۰۰۹) اثر برخی هیدروکلوئیدها بر خواص رئولوژیک خمیر و بیاتی نان باگت را بررسی کرده و گزارش نمودند مقاومت اولیه در برابر کشش نمونه ها با افزودن هیدروکلوئیدهای، به جز زانتان کاهش پیدا کرد که در این بین، پکتین دارای بیشترین کاهش در این فاکتور بود. افزودن هیدروکلوئیدهای گوار و پکتین باعث افزایش قابلیت کشش نمونه ها شدند و با اینکه افزودن گوار درحد ۰/۵ درصد باعث ایجاد بیشترین میزان الاستیسته شد. همچنین انرژی مورد نیاز برای تغییر حالت در مورد نمونه‌های حاوی پکیتن و ۱ درصد گوار، کاهش و مورد بقیه نمونه‌ها افزایش یافت که بیشترین میزان مربوط به نمونه ۰/۵ درصد گوار بود (Barzegar et al., 2009). نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های Kohajdová و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی افزودن آرد نخود به کراکر دریافتند که پایداری خمیرهای حاوی آرد نخود کاهش یافته است که آن را به تداخلات به‌وجود آمده بین پروتئین‌های غیرگندمی و فیبرها با گلوتن و واکنش‌های پروتئولیتیکی که منجر به تخریب نسبی شبکه پروتئینی و کاهش زمان مخلوط کردن می‌گردند نسبت دادند (Kohajdová et al., 2013).

جدول ۳- بررسی خواص رئولوژیکی خمیر نان باگت حاوی غلظت‌های مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* و شاهد

Table 3- Investigating the rheological properties of baguette dough containing different concentrations of *Ganoderma lucidum* mushroom and control

نمونه Treatment	انرژی پخت Cooking energy (W) (10-4J)	زمان پایداری خمیر Dough Stability Time (TOL) (S)	الاستیسته Elasticity (le) (٪)	ضریب ایندکس Index coefficient (P/L)	کشش‌پذیری خمیر Dough stretchability (G)	طول کشیده شدن خمیر Dough elongation (mm)	مقاومت خمیر Dough resistance (P)
T_1	196.0± 1.00^a	345.33± 1.53^b	45.83± 0.76^a	2.49± 0.09^a	18.20± 0.10^a	67.00± 1.00^a	101.00± 1.00^a
T_2	123.0± 1.00^b	363.00± 1.00^a	30.13± 0.80^b	2.15± 0.03^b	16.90± 0.10^b	58.00± 1.00^b	87.00± 1.00^b
T_3	82.0± 4.36^c	361.33± 1.53^a	22.16± 1.02^c	1.92± 0.01^c	16.20± 0.10^c	54.00± 1.00^c	79.00± 1.00^c
T_4	79.0± 1.00^c	340.33± 1.53^c	9.53± 0.40^d	1.37± 0.01^d	15.96± 0.49^c	52.00± 1.00^c	75.00± 1.00^c
T_5	79.0± 1.00^c	295.67± 2.08^d	7.70± 0.10^e	1.25± 0.01^e	14.00± 0.10^d	40.00± 1.00^d	67.33± 4.93^d
T_6	72.3± 1.53^d	297.67± 2.08^d	5.80± 0.10^f	1.10± 0.01^f	12.40± 0.10^e	31.67± 1.528^e	52.33± 2.08^e

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است.$^{a-f}$حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون می‌باشد.

The results are shown as mean ± standard deviation.$^{a-f}$ Lowercase letters indicate significant difference in column.

بافت‌سنجی نان باگت

تغییرات ویژگی‌های بافت نمونه‌های نان حاوی درصدهای مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* در جدول ۴ نشان داده شده است. مطابق با نتایج با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، شاخص‌های پیوستگی، فنریت، صمغیت، قابلیت جویدن و سختی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش و شاخص چسبندگی به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند (p≤۰/۰۵).

اتصالات عرضی پروتئین می‌تواند باعث تخریب شبکه گلوتن و در نتیجه آزاد شدن گرانول‌های کوچک نشاسته در شبکه شود. گرانول‌های کوچک نشاسته هنگام ارتباط با آنزیم‌ها در خمیر منجر به گسترش گرانول‌های نشاسته مثل آمیلوپکتین می‌شود که تقریباً ۶۵ تا ۸۱ درصد نشاسته را تشکیل می‌دهد. گرانول‌های کوچک نشاسته که در شبکه آزاد شده‌اند متراکم بوده و به آسانی هیدرولیز نمی‌شوند در حالی که گرانول‌های بزرگ‌تر به دلیل داشتن ساختار ضعیف‌تر جهت هضم شدن مناسب‌تر هستند (Nakamura, 2002). اصلی‌ترین جز آرد، نشاسته است که نقش مهمی در تعیین کیفیت نان دارد. آمیلوپکتین و آمیلاز از اجزای اصلی نشاسته هستند. نتایج تحقیقات نشان داده است افزودن قارچ گانودرما لوسیدوم به نمونه‌ها باعث افزایش آنزیم آمیلاز در محصول شده است. همچنین تحقیقات نشان داده است *گانودرما لوسیدوم* حاوی ایزوآمیلاز است که می‌تواند با تبدیل باند α-۱ و ۶- گلوکوزید باعث تبدیل آمیلوپکتین به آمیلاز گردد (Kudanga et al., 2011). بنابراین نسبت آمیلاز به آمیلوپکتین در نان افزایش می‌یابد که در ارتباط مستقیم با سختی و قابلیت جویدن در نمونه‌های نان است. به مقاومت درونی ماده غذایی پیوستگی گفته می‌شود و میزان آن به بر هم کنش درون مولکولی اجزای فرمول بستگی دارد (Mojavarian et al., 2018) و دلیل کاهش آن می‌تواند به دلیل وجود رطوبت بیشتر در نمونه‌های حاوی قارچ *گانودرما لوسیدوم* باشد. فنریت توانایی نمونه برای بازگشت به شکل اولیه بعد از حذف نیروی تغییر شکل‌دهنده است که در منحنی پروفایل بافت معادل مسافتی است که ماده غذایی طی زمان، ارتفاع اولیه خود را بازیابی می‌کند (Khazee pool et al., 2014) و دلیل کاهش آن می‌تواند به دلیل وجود فیبر در قارچ *گانودرما لوسیدوم* و افزایش رطوبت در نمونه‌های حاوی قارچ *گانودرما لوسیدوم* باشد.

جدول ٤- بررسی ویژگیهای بافت نان باگت حاوی غلظت‌های مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* و شاهد

Table 4- Investigating the texture properties of baguette bread containing different concentrations of *Ganoderma lucidum* mushroom and control

نمونه Treatment	سختی(N) Hardness	چسبندگی (mj) Adhesivness	قابلیت جویدن Chewiness	صمغیت Gumminess	فنریت Springiness	پیوستگی Cohesiveness
T_1	5.52± 0.59[a]	0.09± 0.00[d]	44.20± 2.59[a]	2.91± 0.04[a]	18.91± 0.45[a]	0.83± 0.05[a]
T_2	5.12± 0.47[a]	0.11± 0.01[d]	37.40± 1.30[b]	2.68± 0.18[b]	16.87± 0.48[b]	0.78± 0.03[a]
T_3	3.58± 0.20[b]	0.15± 0.01[c]	26.47± 0.90[c]	2.17± 0.14[c]	14.51± 1.17[c]	0.64± 0.03[b]
T_4	3.15± 0.52[b]	0.18± 0.01[b]	25.60± 2.82[c]	1.94± 0.20[c]	13.10± 0.52[cd]	0.62± 0.04[b]
T_5	1.64± 0.08[c]	0.21± 0.01[a]	14.13± 0.42[d]	1.09± 0.06[d]	11.69± 0.79[d]	0.59± 0.01[bc]
T_6	0.59± 0.07[d]	0.28± 0.00[a]	9.09± 0.85[e]	0.51± 0.04[e]	8.53± 0.28[e]	0.49± 0.03[c]

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار نشان داده شده است.[a-e] حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون می‌باشد.

The results are shown as mean ± standard deviation. [a-e] Lowercase letters indicate significant difference in column.

به میزان تراکم ماده غذایی صمغیت گفته می‌شود. که در برابر جویدگی مقاومت نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر وجود فیبر در قارچ *گانودرما لوسیدوم* باعث افزایش رطوبت در نمونه‌ها و در نتیجه کاهش صمغیت در نمونه‌ها شد (Mojavarian et al., 2018). در این راستا Koocheki و همکاران (۲۰۱۲) اثر صمغ‌های دانه قدومه شیرازی و گزانتان بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت نان حاصل از گندم را بررسی و گزارش نمودند افزایش غلظت هیدروکلوئیدها باعث کاهش میـزان صـمغیت مغـز نان گردید (Koocheki et al., 2012).

قابلیت جویدن، کار لازم برای جویدن و خمیر کردن نمونه برای بلع می‌باشد (Khazee pool et al., 2014). قابلیت جویدن با سختی نمونه‌ها رابطه مستقیم دارد و از طرفی با توجه به کاهش سختی نمونه‌های حاوی قارچ گانودرما لوسیدوم در این تحقیق به دلیل رطوبت بیشتر در نمونه‌ها، قابلیت جویدن کاهش یافت. یافته‌های Asghar و همکاران (۲۰۰۵)، نشان داد کربوکسی متیل سلولز و صمغ عربی منجر به بهبود ویژگی‌های داخلی و خارجی نان و کاهش سفتی آن و بهبود و کاهش قابلیت جویدن گردید (Asghar et al., 2005).

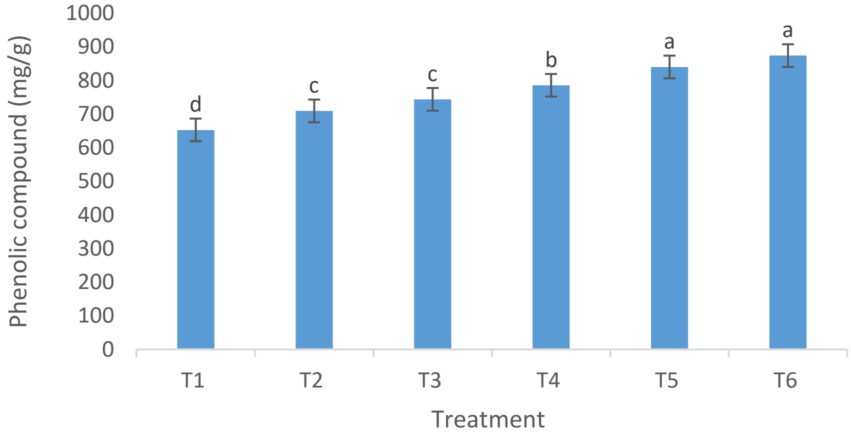
چسبندگی کار مورد نیاز جهت غلبه بر نیروی جاذبه بین سطح ماده با سطح سایر مواد در تماس با آن می‌باشد. در این تحقیق افزودن قارچ *گانودرما لوسیدوم* و افزایش غلظت آن باعث افزایش معنی‌دار چسبندگی در نمونه‌ها شد و علت آن می‌تواند مربوط به افزایش میزان فیبر و جذب آب بیشتر نمونه‌های نان باگت باشد (Khazee pool et al., 2014). Kaur و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تاثیر صمغ‌های گوار و زانتان بر ویژگی کیفی پاستا اذعان نمودند که افزودن هر دو نوع صمغ، منجر به افزایش چسبندگی نمونه‌ها شده است (Kaur et al., 2015).

مقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشار به‌کار گرفته شده در ماده غذایی سختی نامیده می‌شود (Szczesniak, 2002) و کاهش

سختی بافت در نتیجه افزایش قارچ *گانودرما لوسیدوم* می‌تواند به دلیل وجود فیبر در نمونه‌های حاوی قارچ *گانودرما لوسیدم* باشد که منجر به جذب آب بیشتر و کاهش سختی نمونه‌ها شود. Sadeghizadeh و همکاران (۲۰۱۷) خصوصیات تکنولوژیکی و تصویری کیک اسفنجی حاوی آرد کنجاله کنجد و آناناس را بررسی کردند. و گزارش نمودند افزایش مقدار کنجاله کنجد نسبت به نمونه شاهد دارای سفتی بافت بیشتری بود (Sadeghizadeh et al., 2017). Kaur و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تاثیر صمغ‌های گوار و زانتان بر ویژگی کیفی پاستا اذعان نمودند که افزودن هر دو نوع صمغ، منجر به کاهش سفتی نمونه‌ها شده است. که علت این امر به تاخیر در تورم گرانول‌ها و همچنین تعامل و ارتباط کمتر آنها در حضور صمغ‌ها نسبت داده شد (Kaur et al., 2015).

ترکیبات فنلی نان

تغییرات ترکیبات فنلی نمونه‌های نان حاوی درصدهای مختلف قارچ گانودرما لوسیدوم در شکل ۱ نشان داده شده است. مطابق با نتایج با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، ترکیبات فنلی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (p≤۰/۰۵). تحقیقات نشان داده است قارچ *گانودرما لوسیدوم* حاوی ترکیبات فنلی از جمله پروتوکاتچین اسید، هیدروکسی بنزوئیک اسید است (Szczesniak, 2002). بنابراین با افزایش مقادیر قارچ *گانودرما لوسیدوم* مقدار ترکیبات فنلی افزایش یافت. Malakoot Tabari و همکاران (۲۰۱۲) اثر حلال‌های مختلف بر ترکیبات فیتوشیمیایی ۲ گونه قارچ گانودرما را بررسی کردند. نتایج نشان داد مقدار ترکیبات فنلی در عصاره متانولی *گانودرما آپلاناتوم* بیشتر از *گانودرما لوسیدوم* و در عصاره اتانولی فنل کل در *گانودرما لوسیدوم* بیشتر بود (Malakoot Tabari et al., 2012). Cor و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند قارچ *گانودرما لوسیدوم* حاوی ترکیبات زیست فعال نظیر کربوهیدرات‌ها، گلیکوزیدها، تری‌ترپنوئیدها، ترکیبات فنلی و تانن‌ها می‌باشد (Cor et al., 2018). Kamali و همکاران (۲۰۱۴) نیز به بررسی ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی، آنتوسیانینی و ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره‌های مختلف اندام هوایی گیاه داروییزرین گیاه[1] پرداختند. نتایج نشان داد که در غلظت‌های بالاتر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر عصاره‌ها حاصل شد و از طرفی ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی نقش عمده و مستقیمی بر روی خاصیت آنتی‌اکسیدانی بر عهده دارند که این امر مطالعات بیشتری جهت جداسازی و خالص‌سازی ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی این گیاه می‌طلبد (Kamali et al., 2014). Moore و همکاران (۲۰۰۶) محتوای فنل کل ۲۰ گونه مختلف گندم را اندازه‌گیری کرده و گزارش نمودند که محتوای فنل کل در محدوه ۲۷۰۰ تا µg GAE/g ۳۵۰۰ بود (Moore et al., 2006). Yu و همکاران (۲۰۰۳) محتوای فنولیک آرد گندم را از ۱۷۷ تا µg GAE/g ۲۵۷ گزارش کردند (Yu et al., 2003).



شکل ۱- بررسی ترکیبات فنلی (mg/g) نان باگت حاوی درصدهای مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* و نمونه شاهد

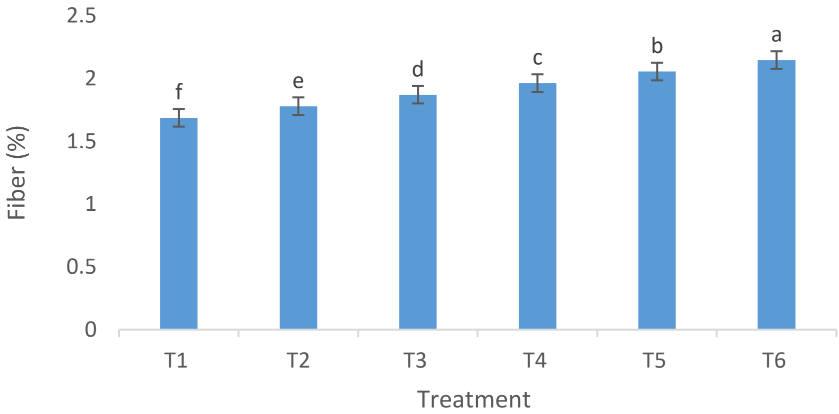
Fig. 1. Investigation of phenolic compounds (mg/g) of baguette bread containing different percentages of *Ganoderma lucidum* mushroom and the control

فیبر نان باگت

تغییرات فیبر نمونه‌های نان حاوی درصدهای مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق با نتایج با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، در فرمولاسیون نان باگت مقدار فیبر نمونه‌های نان به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت (p≤۰/۰۵). تحقیقات نشان داده است قارچ‌ها حاوی ۳- ۳۲ درصد فیبر

[1] Dracocephalum Kotschyi

هستند. بنابراین افزایش مقدار این قارچ در تیمارهای تحقیق می‌تواند باعث افزایش فیبر در نمونه‌ها شود (Wachtel-Galor et al., 2011). در تائید نتایج حاصل از این تحقیق Mau و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند *گانودرما لوسیدوم* حاوی ۵۹ درصد فیبر می‌باشد (Mau et al., 2001). در پژوهشی دیگر Păucean و Man (۲۰۱۴) طی تحقیقی نشان دادند با افزایش پالپ کدو (۱۵ تا ۵۰ درصد) به جای آرد گندم در فرمولاسیون نان، فیبر نان تولیدی افزایش یافت (Păucean and Man, 2014).



شکل ۲- بررسی فیبر نان باگت حاوی غلظت‌های مختلف قارچ گانودرما لوسیدوم و شاهد

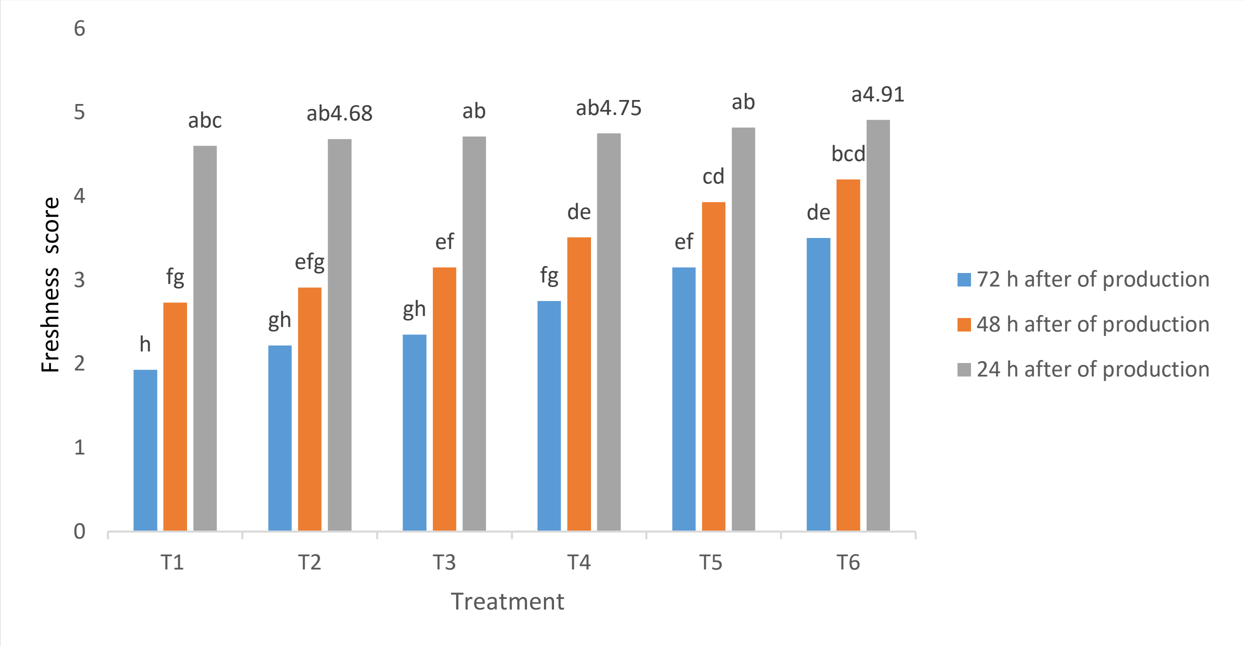
Fig. 2. Investigation of fiber (%) of baguette bread containing different percentages of Ganoderma lucidum mushroom and the control

ارزیابی میزان بیاتی نان باگت (روش حسی)

میزان بیاتی نان (بیشترین حس تازگی= ۵ و کمترین حس تازگی= ۱) نمونه‌های نان حاوی درصدهای مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* در شکل ۳ نشان داده شده است. مطابق با نتایج با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، مقدار تازگی نمونه‌های نان افزایش یافت. در بازه زمانی ۲۴ ساعت پس از پخت، نان حاوی ۲ و ۲/۵ درصد قارچ *گانودرما لوسیدوم*، نرمترین بافت و کمترین میزان بیاتی را نسبت به نمونه شاهد دارا بودند. همچنین پس از ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از پخت، نمونه حاوی ۲/۵ درصد قارچ *گانودرما لوسیدوم* به‌طور معنی‌داری تازه‌تر از نمونه شاهد بود ($p \leq 0/05$).

بیات شدن نان فرآیند فیزیکوشیمیایی پیچیده‌ای است که نتیجه ظاهری و نامطلوب آن، سفت شدن مغز و لاستیکی شدن پوسته نان می‌باشد. بیاتی حاکی از تغییر در ظاهر، طعم، مزه و بافت نان و در نهایت کاهش پذیرش آن توسط مصرف‌کننده است. مکانیسم‌های فیزیکوشیمیایی که در این پدیده دخالت دارند هنوز به درستی مشخص نشده‌اند ولی فرآیند واگشتگی نشاسته، مهاجرت آب و برخی تغییرات در گلوتن در بیاتی نان نقش مهمی دارند. واگشتگی نشاسته یک فرایند پیچیده است که در آن زنجیره‌های آمیلوز و آمیلوپکتین که در اثر ژلاتینه شدن محلول شده‌اند، در اثر سرد شدن تجمع پیدا کرده و ساختار سه بعدی کریستالی تشکیل می‌دهند (Nasehi et al., 2015).

کاهش میزان بیاتی نمونه‌های حاوی مقادیر ۲/۵ درصد از قارچ *گانودرما لوسیدوم*، نسبت به نمونه شاهد را چنین می‌توان تفسیر نمود که ترکیبات فیبری آن با جذب متناسب آب مانع از خروج رطوبت که یکی از عوامل موثر در بیاتی و سفتی نان است، می‌شوند. همچنین این ترکیبات قادرند با مولکول‌های نشاسته واکنش دهند و فرآیند رتروگراداسیون را در محصول نهایی به تعویق اندازند (Nikoozade et al., 2011). همچنین مطابق با نتایج این تحقیق قارچ *گانودرما لوسیدوم* جایگزین آرد مصرفی شد و با توجه به تحقیقات انجام شده قارچ *گانودرما لوسیدوم* حاوی آنزیم آلفاآمیلاز است (Guowei et al., 2019) و فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز مخصوصا در نان‌های حجیم اهمیت بسیار زیادی دارد که باعث کاهش بیاتی و حفظ تازگی نان می‌شود. Kohajdová و همکاران (۲۰۰۹) طی تحقیقی نشان دادند علت کاهش نرمی بافت در میزان بالای بتاگلوکان می‌تواند به علت تقویت شبکه اسفنجی موجود در کیک باشد (Kohajdová et al., 2009). در پژوهش دیگری Shafi Soltani و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر آنزیم آلفاآمیلاز را بر کیفیت خمیر و نان تست و بیاتی نمونه‌های نان را بررسی کردند و گزارش کردند یکی عوامل موثر بر سفتی و بیاتی نان آنزیم آلفاآمیلاز بوده و به نحوی که افزودن آنزیم آلفاآمیلاز سبب به تعویق انداختن بیاتی نان شده است (Shafi Soltani et al., 2013).



شکل ۳- بررسی میزان بیاتی نان باگت (امتیاز تازگی) حاوی غلظت‌های مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* و شاهد طی ۷۲ ساعت نگهداری

Fig. 3. Investigation of the staleness (freshness score) of baguette bread containing different percentages of *Ganoderma lucidum* mushroom and the control in 72h storage

نتایج میکروبی

تغییرات نتایج میکروبی نمونه‌های نان حاوی درصدهای مختلف قارچ گانودرما لوسیدوم در جدول ۵ نشان داده شده است. مطابق با نتایج با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، تعداد کلی‌فرم‌ها و کپک به شکل معنی‌داری کاهش یافت (p≤۰/۰۵). به عبارت دیگر ویژگی‌های میکروبی با تغییر سطح قارچ *گانودرما لوسیدوم*، تغییر کرده‌اند. جدول ۵ نشان می‌دهد نمونه شاهد دارای بیشترین میزان کلی فرم و کپک بوده که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها بود (p≤۰/۰۵). از طرفی نمونه‌ی دارای ۲/۵ درصد قارچ *گانودرما لوسیدوم*، به‌طور معنی‌داری دارای رشد باکتریایی کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها و نمونه شاهد بود. مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر پودر قارچ *گانودرما لوسیدوم*، دارای خاصیت ضد کلی‌فرم و کپکی است.

جدول ۵- بررسی نتایج میکروبی نان باگت حاوی غلظت‌های مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* و شاهد

Table 5- Investigating the microbial results of baguette bread containing different concentrations of *Ganoderma lucidum* mushroom and control

نمونه Treatment	کپک Mold (cfu/g)	کلی‌فرم Coliform (cfu/g)
T_1	440.33± 9.07^a	9.00± 1.000^a
T_2	391.67± 7.64^b	7.00± 1.000^{ab}
T_3	300.00± 9.17^c	6.33± 0.577^{bc}
T_4	253.00± 6.24^d	4.33± 0.577^{cd}
T_5	144.00± 5.57^e	2.33± 0.577^{de}
T_6	110.00± 9.17^f	1.67± 0.577^e

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است. $^{a-f}$حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون می‌باشد.

The results are shown as mean ± standard deviation. $^{a-f}$ Lowercase letters indicate significant difference in column.

Cor و همکاران (۲۰۱۸) در یک تحقیق مروری نشان دادند هنوز مکانیسم فعالیت ضدویروسی و ضدمیکروبی قارچ *گانودرما لوسیدوم* به‌طور دقیق مشخص نیست و خاصیت ضدمیکروبی قارچ مذکور می‌تواند به ترکیبات زیست فعال آن نظیر کربوهیدرات‌ها، گلیکوزیدها، تری‌ترپنوئیدها، ترکیبات فنلی و تانن‌ها مربوط باشد (Cor et al., 2018). در مطالعه‌ای که Celal (۲۰۱۹) انجام داد خواص

آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی قارچ *گانودرما لوسیدوم* را بر ۹ گونه متفاوت باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی بررسی کردند. قارچ *گانودرما لوسیدوم* یک ضدمیکروب طبیعی بوده که در برابر تمامی باکتری‌ها خاصیت ضدمیکروبی داشت (Celal, 2019). مطابق با استاندارد ملی ایران، حدود مجاز میزان کپک و مخمر نان ۱۰۳ و کلی‌فرم ۱۰۲ می‌باشد که با افزایش میزان قارچ *گانودرما لوسیدوم*، میزان کپک و مخمر و کلی فرم کاهش و در محدوده استاندارد ملی قرار داشتند.

ارزیابی حسی

تغییرات ارزیابی حسی نمونه‌های نان حاوی درصدهای مختلف قارچ گانودرما لوسیدوم در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج ارزیابی حسی رنگ نشان داد افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، بر خصوصیات حسی رنگ معنی‌دار بوده و با افزایش میزان قارچ *گانودرما لوسیدوم*، امتیاز رنگ کاهش یافت ($p\leq0.05$). که علت آن می‌تواند میزان پروتئین موجود در قارچ *گانودرما لوسیدوم*، باشد که عامل تشدید واکنش میلارد در محصول است (Nateghi, 2017). با توجه به نتایج درصدهای مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم*، تاثیر معنی‌داری بر روی امتیاز بو نان نداشت.

بافت مواد غذایی به‌عنوان یکی از مهمترین خصوصیات کیفی محصول، نقش مهمی در پذیرش کلی آن توسط مصرف‌کنندگان دارد. سختی بافت، بیانگر مقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشاری است، و تا حدود زیادی به میزان رطوبت و تحرک آب، ماده خشک، میزان پروتئین و چربی محصول وابسته است. نتایج نشان داد که با افزایش جایگزینی در تیمارهای بیشتر از ۱/۵ درصد قارچ *گانودرما لوسیدوم*، امتیاز ارزیابی بافت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. می‌توان علت آن را مداخله مولکول‌های چربی و پروتئین موجود در گانودرما دانست که مقادیر بالای پروتئین سبب ایجاد اتصالات متقاطع در سیستم و در نهایت ساختار سفت‌تر و متراکم‌تر می‌گردد (Mortazavinezhad et al., 2016). همچنین با افزایش مقدار قارچ *گانودرما لوسیدوم*، امتیازات ارزیابی حسی، مزه و پذیرش کلی در تیمارهای بیشتر از ۱/۵ درصد قارچ *گانودرما لوسیدوم* کاهش جزئی یافت همچنین امتیازات اختصاص یافته از نظر ارزیاب‌ها در تمامی تیمارهای تحقیق بیشتر از ۴ بود که بیانگر مطلوب بودن تمامی تیمارهای تحقیق می‌باشد. همچنین می‌توان اظهار نمود که استفاده از *گانودرما لوسیدوم* به‌عنوان یک ترکیب عملگر اثر نامطلوبی بر خصوصیات حسی محصول نهایی نداشت. Ibrahium و Hegazy (۲۰۱۴) اثر جایگزینی آرد گندم با پودر قارچ و آرد سیب‌زمینی شیرین بر ترکیبات تغذیه‌ای و ویژگی‌های حسی بیسکویت را بررسی کردند. نتایج نشان نمونه‌های حاوی ۱۰ و ۲۰ درصد پودر قارچ و آرد سیب زمینی شیرین از نظر حسی امتیاز بالاتری را به خود اختصاص دادند (Hegazy and Ibrahium, 2014). Zhao و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر نوعی داروی تخمیری حاوی قارچ *گانودرما لوسیدوم* بر نوعی نان بخارپز چینی را بررسی کردند. نتایج ارزیابی حسی نشان داد استفاده از قارچ *گانودرما لوسیدوم* دارای اثرات مثبتی بر شاخص‌های حجم نان، بو، ساختار هسته و پوسته، رنگ و طعم نان چینی داشت. همچنین رنگ نمونه‌ها نسبت به نمونه کنترل تیره‌تر شد (Zhao et al., 2019).

جدول ٦- بررسی ارزیابی حسی نان باگت حاوی غلظت‌های مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم* و شاهد

Table 6- Investigating the sensory evaluation of baguette bread containing different concentrations of *Ganoderma lucidum* mushroom and control

نمونه Treatment	بو Smell	مزه Taste	بافت Texture	رنگ Color	پذیرش کلی General acceptance
T_1	4.80± 0.11^{a}	4.90± 0.06^{a}	4.98± 0.02^{a}	4.52± 0.19^{ab}	4.85± 0.13^{a}
T_2	4.85± 0.11^{a}	4.93± 0.04^{a}	4.92± 0.05^{a}	4.65± 0.16^{ab}	4.93± 0.05^{a}
T_3	4.81± 0.13^{a}	4.80± 0.15^{a}	4.81± 0.15^{a}	4.76± 0.22^{ab}	4.90± 0.06^{a}
T_4	4.75± 0.12^{a}	4.72± 0.24^{a}	4.75± 0.19^{ab}	4.80± 0.11^{a}	4.75± 0.19^{a}
T_5	4.72± 0.17^{a}	4.60± 0.18^{ab}	4.30± 0.23^{bc}	4.48± 0.32^{ab}	4.58± 0.31^{ab}
T_6	4.60± 0.14^{a}	4.11± 0.31^{b}	4.06± 0.28^{c}	4.12± 0.34^{b}	4.20± 0.27^{b}

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است. $^{a-d}$حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون می‌باشد.

The results are shown as mean ± standard deviation. $^{a-d}$ Lowercase letters indicate significant difference in column.

نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف غنی‌سازی نان باگت با استفاده از قارچ *گانودرما لوسیدوم* (با درصدهای ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵) و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، خواص رئولوژیکی، بافت‌سنجی، ترکیبات فنلی، بیاتی نان، خواص میکروبی و حسی انجام گردید. مطابق با نتایج اثر جایگزینی درصدهای مختلف قارچ *گانودرما لوسیدوم*، بر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی (خاکستر، فیبر و اسیدیته و pH) معنی‌دار بود. نتایج بررسی خواص رئولوژیکی نشان داد که افزایش میزان قارچ *گانودرما*

لوسیدوم، به‌گونه‌ای موجب کاهش خصوصیات رئولوژیکی (مقاومت خمیر، طول کشیده شدن خمیر، کشش‌پذیری خمیر، ضریب ایندکس، الاستیسیته، زمان پایداری خمیر و انرژی پخت)، نان‌های حاصل شد که تیمار حاوی ۲/۵ درصد قارچ *گانودرما لوسیدوم*، بیشترین میزان کاهش را داشتند. همچنین نتایج بافت‌سنجی نشان داد که تیمار حاوی ۲/۵ درصد قارچ *گانودرما لوسیدوم*، از کمترین میزان پیوستگی، فنریت، صمغیت قابلیت جویدن و سختی و بیشترین میزان چسبندگی نسبت به تیمار شاهد و سایر نمونه‌ها برخوردار بودند. همچنین افزایش مقادیر قارچ گانودرما لوسیدوم، تا ۲/۵ درصد سبب افزایش ترکیبات فنلی و فیبر نمونه‌های نان باگت گردید. همچنین تیمار حاوی ۲/۵ درصد قارچ گانودرما لوسیدوم، از بین تیمارها دارای کمترین میزان بیاتی نسبت به نمونه شاهد پس از ۷۲ ساعت نگهداری بود. بررسی نتایج خواص میکروبی نشان داد که قارچ *گانودرما لوسیدوم* سبب کنترل فعالیت کلی‌فرم‌ها، کپک و مخمر در نان‌ها طی مدت نگهداری شده است بنابراین دارای خاصیت ضدمیکروبی و کپکی است. به‌طور کلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده، نمونه نان‌ها حاوی ۲/۵ درصد قارچ *گانودرما لوسیدوم* به جای آرد گندم، به دلیل خواص بافتی و حسی بهتری که نسبت به نمونه شاهد به‌دست می‌آورد و به‌طور کلی استفاده از قارچ *گانودرما لوسیدوم* به‌عنوان یک افزودنی طبیعی و یک ترکیب غنی‌کننده در تولید سایر محصولات نانوایی نظیر نان سنگک، بربری و نان تست پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. AACC. (1995). Approved methods of the American Association of CerealChemists (9th ed). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
2. AACC. (2010). International Approved Methods of the AACC. St. Paul, Minnesota, USA.
3. AOAC. (2000). ACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 32-05. Soluble, Insoluble, and Total Dietary Fiber in Foods and Food Products. A pproved 2000. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.
4. Artiga-Artigas, M., Acevedo-Fani, A., and Martín-Belloso, O. (2017). Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion-based edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. *Food Control Journal*. 76. 1-12. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.01.001
5. Asghar, A., Anjum, F. M., Tariq, M. W., and Hussain, S. (2005). Effect of carboxymethylcellulose and gum Arabic on the stability of frozen dough for bakery products. *Turkish Journal Biology*. 29. 237-41.
6. Barzegar, H., Hojati, M., and Joyande, H. (2009). Effect of some hydrocolloids on rheological properties of baguette dough and stale. *Quarterly Journal of Food Science and Technology*. 6:3. 101-107. (In Persian)
7. Celal, B. (2019). Antioxidant and antimicrobial capacities of *Ganoderma lucidum*. MedCrave. 7(1): 5-7.
8. Chen, B., Ke, B., Ye, L., Jin, S., Jie, F., Zhao, L., and Wu, X. (2017). Isolation and varietal characterization of Ganoderma resinaceum from areas of *Ganoderma lucidum* production in China. *Scientia Horticulturae Journal*. 224. 109-114. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.002
9. Cör, D., Knez, Ž, Knez Hrnčič, M. (2018). Antitumour, antimicrobial, antioxidant and antiacetylcholinesterase effect of Ganoderma lucidum terpenoids and polysaccharides: *A Review Molecules Journal*. 23:3. 649. https://doi.org/10.3390/molecules23030649
10. Ebadi Molabashi, M., and Nateghi, L. (2018). Investigation of the effect of watercress gum on improving the physicochemical and sensory properties of rice pastry. *Journal Innovation in Food Science and Technology*. 10:3. 129-149. (In Persian)
11. Funami, T. (2009). Functions of food polysaccharides to control the gelatinization and retrogradation behaviors of starch in an aqueous system in relation to the macromolecular characteristics of food polysaccharides. *Food science andtechnology research*, 15:6. 557-568.
12. Gani, S., Azizi, M. H., Ahmadi, H., and Aliari, P. (2014). Enrichment of bread with polyphenolic compounds and the effect of polyphenolic compounds on the physical properties of bread, 22nd National Congress of Food Sciences and Industries. Gorgan, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
13. Guarda, A., Rosell, C. M., Beneditob C., and Galottoc, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers & antistaling agents. *Food Hydrocolloid*. 18. 241–247. https://doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00080-8
14. Guowei, Z., Lili, W., Yufeng, L., and Hailei, W. (2019). Impact of the fermentation broth of *Ganoderma lucidum* on the quality of Chinese steamed bread. AMB Express. 9:1. 1-11. https://doi.org/10.1186/s13568-019-0859-5
15. Hesarinejad, M. A., Rezaiyan Attar, F., Mosaffa, O., Shokrollahi Yancheshmeh, B. (2017). The effect of incorporation of Chlorella Vulgaris into cake as an egg white substitute on physical and sensory properties. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 68:14. 61-72. (In Persian)
16. Ibrahium, M., and Hegazy, A. (2014). Effect of replacement of wheat flour with mushroom powder and sweet potato flour on nutritional composition and sensory characteristics of biscuits. *Current Science International*. 3:1. 26-33.
17. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2007). Microbiology of food and animal feed - a comprehensive method for the general enumeration of microorganisms. (ISIRI Standard No. 5272).

18. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2008). Cereals, legumes and by-products - Measuring ash in the furnace. (ISIRI Standard No. 2706).
19. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2009). Microbiology of food and animal feeding stuffs- horizontal method for the enumeration of coliforms - Colony-count technique. (ISIRI Standard No. 9263).
20. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2010). Cereals and its products - Humidity measurement method - Reference method. (ISIRI Standard No. 2705).
21. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2018). Biscuits - Properties and Test Methods. (ISIRI Standard No. 37).
22. Jascanu, V., and Stefoane, E. D. (2006). The Influence of Clarase and Hemicellulase over the 650 Flour Type. Seria of Chemistry Journal. 9. 73-80.
23. Kamali, M., Khosroyar, S., and Jalilvand, M. R. (2014). Evaluation of phenolic, flavonoids, anthocyanin contents and antioxidant capacities of different extracts of aerial parts of *Dracocephalum kotschyi*. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences*. 6:3. 627-634. (In Persian)
24. Kaur, A., Shevkani, Kh., Singh, N., Sharma, P. and Kaur, S. (2015). Effect of guar gum and xanthan gum on pasting and noodle-making properties of potato, corn and mung bean starches. *Journal of Food Science and Technology*, 52:12. 8113–8121. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1954-5
25. Khazee pool, A., Shahidi, B., Mortazavi, A., and Mohebbi, M. (2014). Formulation of kiwi Gummy candy and effects of different concentrations of agar and guar on moisture content and texture and sensory properties. Jorrnal Iranian Food Science and Technology Researche. 10:1. 27-37. (In Persian)
26. Kohajdová, Z., Karovičová, J. and Magala, M. (2013). Rheological and qualitative characteristics of pea flour incorporated cracker biscuits. *Croatian Journal of Food Science and Technology*. 5:1. 11-17.
27. Kohajdová, Z., Karovičová, J., and Schmidt, Š. (2009). Significance of emulsifiers and hydrocolloids in bakery industry. *Acta Chimica Slovaca*. 2:1. 46-61.
28. Koocheki, A., Shahidi, F., Mortazavi, S.A., Karimi, M., and Milani, L. (2012). Evaluation of the effect of Gum of Ghadomeh Shirazi (*Homolocarpum Alyssum*) and xanthan on rheological properties of dough and quality of bread made from wheat flour. Iranian Journal of Food Science and Industry Research. 7:1. 9-16. (In Persian)
29. Kudanga, T., Nyanhongo, G. S., Guebitz, G. M., and Burton, S. (2011). Potential applications of laccase-mediated coupling and grafting reactions: a review. Enzyme and Microbial Technology J. 48:3. 195-208. https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2010.11.007
30. Malakoot Tabari, S. H., Ghorbanli, M., Safaeian, S. H., and Musazadeh, S. A. (2012). The effect of different solvents on the phytochemical composition of two species of Ganoderma fungi. First National Conference on Biological Sciences Falavarjan. 10:1. 27-37. (In Persian)
31. Martins, A., Barros, L., Carvalho, A. M., Santos-Buelga, C., Fernandes, I. P., Barreiro, F., and Ferreira, I. C. (2014). Phenolic extracts of Rubus ulmifolius Schott flowers: characterization, microencapsulation and incorporation into yogurts as nutraceutical sources. *Food & Function Journal*. 5:6. 1091-1100. https://doi.org/10.1039/C3FO60721F
32. Mau, J. L., Lin, H. C., and Chen, C. C. (2001). Non-volatile components of several medicinal mushrooms. Food Research International Journal. 34:6. 521-526. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00067-9
33. Mojavarian S. P., Raftani Amiri Z., and Shahiri Tabarestani, H. (2018). Optimization of Ginger Pastil Formulation Based on Chicken Foot Gelatin and Grape Concentrate by Response Surface Method (RSM). *Journal Food Science and Technology*. 15:82. 319-334. (In Persian)
34. Moore, J., Liu, J.G., Zhou, K., Yu, L. (2006). Effects of genotype and environment on the antioxidant properties of hard winter wheat bran. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 54:15. 5313. https://doi.org/10.1021/jf060381l
35. Moradi, F., and Nasehi, B. (2017). Investigation the Properties of Dough and Barbari Bread Enriched with Sugarcane Bagasse. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3:6. 244-235. (In Persian)
36. Mortazavinezhad, S., Abbasi, H., Jahadi, M. (2016). Optimizing the components of the sponge cake containing acara. *Journal Research Innovation Food Science Technology*. 1:5. 1-14. (In Persian)
37. Nakamura, Y. (2002). Towards a better understanding of the metabolic system for amylopectin biosynthesis in plants: rice endosperm as a model tissue. *Plant and Cell Physiology Journal*. 43:7. 718-725. https://doi.org/10.1093/pcp/pcf091
38. Nasehi, B., Azizi, M. H., Hadian, Z. (2009). Different approaches for determinition of bread staling. *Journal of Food Science and Technology*. 6:1. 53-63.
39. Nasehi, B., Razavi, M. A., and Qudsi, M. (2015). Physicochemical, sensory and microbial properties of baguette bread containing Aloe Vera gel during storage. *Journal of Food Industry Research*. 25:2. 249-258. (In Persian)
40. Nasrabadi, M. S., and Nori Topkanloo, H. (2020). The effect of wheat flour replacement with *Eleaagnus angustifolia* powder on physicochemical and sensory properties of toast bread. *Food Engineering Research*. 19:68. 155-168. (In Persian)

41. Nateghi, L. (2017). The effect of carboxymethylcellulose hydrocolloid and diacetyl tartaric acid emulsifier on physicochemical, sensory and shelf life of toast enriched with pinto bean flour and chickpea. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*. 9:2. 42-59. (In Persian)
42. Nikoozade, H., Taslimi, A., Azizi, M. H. (2011). Effects of the addition of oat bran on the rheological characteristics of dough and quality of Sangak bread. *Journal of Food Science and Technology*. 8:1. 1-10. (In Persian)
43. Oludemi, T., Barros, L., Prieto, M. A., Heleno, S. A., Barreiro, M. F., and Ferreira, I. C. (2018). Extraction of triterpenoids and phenolic compounds from *Ganoderma lucidum*: optimization study using the response surface methodology. *Food & Function Journal*. 9:1. 209-226. DOI: 10.1039/C7FO01601H
44. Păucean, A., and Man, S. (2014). Physico-chemical and sensory evaluations of wheat bread with pumpkin (*Cucurbita maxima*) pulp incorporated. *Agroaliment Proc Technologhy Journal*. 20:1. 26-32.
45. Peighambardoust, S. H., Azadmardmirchi, S., Fath Nejad Kazemi, R., Nemati, M., and Rafat, S. A. (2012). Application of flax in bread preparation: Effect on chemical properties, fat phase composition of flour and bread and sensory quality of fortified semi-bulk bread. *Journal of Food Industry Research*. 23:2. 281-292. (In Persian)
46. Rasti, S., Azizi, M.H. and Abbasi, S. (2011). Effects of barley β-glucan on some rheological properties of wheat flour. *Journal of Food Science and Technology of Iran*. 4:6. 58-51. (In Persian)
47. Sadeghi, A., Sadeghi, B., and Ebrahimi, M. (2015). Evaluation of shelf life and sensory properties of baguette bread enriched with sour dough of whole barley flour and pumpkin puree. J*ournal of Innovation in Food Science and Technology*. 9:1. 81-91. (In Persian)
48. Sadeghizadeh Dehkordi, A., Najafabadi, M. F., and Abbasi, H. (2017). Investigation of technological and visual characteristics of sponge cake containing sesame and pineapple meal flour and determination of the optimal level of these two nutrients. *Journal Iranian Food Science and Technology*. 14:69. 255-268. (In Persian)
49. Saltarelli, R., Ceccaroli, P., Iotti, M., Zambonelli, A., Buffalini, M., Casadei, L., and Stocchi, V. (2009). Biochemical characterisation and antioxidant activity of mycelium of *Ganoderma lucidum* from Central Italy. *Food Chemistry Journal*. 116:1. 143-151. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.023
50. Shafi Soltani, M., Salehifar, M., Hashemi, M. (2013). Effect of alpha-amylase activity on dough and toast bread quality. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*. 6:2. 44-54. (In Persian)
51. Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*. 13:4. 215-225. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8
52. Vaher, M., Matso, K., Levandi, T., Helmja, K., and Kaljurand, M. (2010). Phenolic compounds and the antioxidant activity of the bran, flour and whole grain of different wheat varieties. *Procedia Chemistry*. 2. 76–82. https://doi.org/10.1016/j.proche.2009.12.013
53. Wachtel-Galor, S., Yuen, J., Buswell, J. A., and Benzie, I. F. (2011). *Ganoderma lucidum* (Lingzhi or Reishi). In Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects. 2nd edition. CRC Press/Taylor & Francis.
54. Whitehurst. R. J. and Oort. M. V. (2010). Enzymes in Food Technology .2th edn, India: John Wiley Sons Publishing, PP 388.
55. Yasamani Farimani, T., Hesarinejad, M., Tat, M. (2020). A new study on the quality, physical and sensory characteristics of cupcakes with *Althaea officinalis* mucilage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 16:3. 25-35.
56. Yu, L., Haley, S., Perret, J., Harris, M. (2003). Antioxidant properties of bran extracts from "Akron" wheat grown at different locations. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 51:6. 1566.
57. Zhao, G., Lili, W., Yufeng, L., and Hailei, W. (2019). Impact of the fermentation broth of Ganoderma lucidum on the quality of Chinese steamed bread. *AMB Express*. 9 (133). 1-11. https://doi.org/10.1186/s13568-019-0859-5